



Con

03 C0

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of:
ZHA et al.

Examiner:
Art Unit:
Docket No.: 00-SZ-106

Serial No. 10/071,013
Filed: February 8, 2002
For: CURRENT AMPLIFIER STRUCTURE

CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

Date: July 1, 2002

COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

*#4
P. Scott
3/21/03*

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Applicant respectfully submits herewith a certified copy of the priority document under Title 35, USC Section 119 under which Applicant claims foreign priority benefits, namely Chinese Application No. 01104518.3, filed in China on February 10, 2001. The undersigned has received confirmation from Applicant's Chinese Agent that the application submitted to the U.S. Patent Office on February 8, 2002 and claiming priority to this foreign application is a correct translation of the foreign application.

Respectfully submitted,

Renee' Michelle Larson
Reg. No. 36,193
Larson & Associates, P.C.
221 E. Church Street
Frederick, Maryland 21701
301-668-3073
Attorney for Applicant(s)

CERTIFICATE OF MAILING

37 C.F.R. 1.8

I hereby certify that this correspondence is being deposited as First Class Mail with the United States Postal Service in an envelope with adequate postage addressed to: Assistant Commissioner of Patents, the U.S. Patent and Trademark Office, Washington, D.C. 20231, on July 2, 2002.

Signature

36



CERTIFICATE

This is to certify that the appendix to the present certificate is a true copy of the following patent application submitted to the State Intellectual Property Office of China.

Filing Date: February 10, 2001
Application No.: 01 1 04518.3
Type of Application: Patent Application for Invention
Title of Invention: Current Amplifier Structure

Applicant: Shenzhen STS Microelectronics Co., Ltd.

Inventor or Designer: Gang ZHAI; Solomon NG

Jingchuan WANG

Commissioner of the State Intellectual Property Office of China
February 20, 2002



证 明

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日: 2001 02 10

申 请 号: 01 1 04518.3

申 请 类 别: 发明

发明创造名称: 电流放大器结构

申 请 人: 深圳赛意法微电子有限公司

发明人或设计人: 闸钢; 黄勍隆

COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED

中华人民共和国
国家知识产权局局长

王素川

2002 年 2 月 20 日

1. 一种电流放大器单元，包括：

适于接收输入信号的一个输入级；

5 产生第一输出信号和第二输出信号的一个输出级；其中第二输出信号可以被用作使用该电流放大器的一个应用中的反馈信号；和

在输入级和与输入级隔离的输出级之间并和它们耦接的一个增益级，所述增益级构造为一个电流镜结构，具有相等的流过电流镜结构的电流值，以使第一和第二输出信号具有相同的电流值。

2. 根据权利要求1的电流放大器单元，其中所述输入级还包括：

10 具有控制端和第一及第二端的第一晶体管，

具有控制端和第一及第二端的第二晶体管和

第一及第二端的电流源；

其中第一和第二晶体管在它们的控制端耦接以接收输入信号，第一和第二晶体管的第一端耦接到电流源的第一端，电流源的第二端连接到第一电压值，第一和第二晶体管的第二端连接到增益级。

15 3. 根据权利要求2的电流放大器单元，其中所述增益级还包括：

连接到输入级的电流镜，所述电流镜包括：

具有控制端和第一及第二端的第三晶体管 (Q3)；和

具有控制端和第一及第二端的第四晶体管 (Q4)；

20 其中第一晶体管 (Q1) 的第二端连接到第三晶体管 (Q3) 的第一端和电流放大器单元的输出级，第二晶体管 (Q2) 的第二端连接到第四晶体管 (Q4) 的第一端，第三晶体管 (Q3) 的控制端连接到第四晶体管 (Q4) 的控制端和第四晶体管 (Q4) 的第一端，第三和第四晶体管的第二端连接到恒定电压源 (VCC) 和电流放大器单元的输出级。

25 4. 根据权利要求1的电流放大器单元，其中所述增益级还包括：

连接到输入级的电流镜，所述电流镜包括：

具有控制端和第一及第二端的第一晶体管 (Q3)；和

具有控制端和第一及第二端的第二晶体管 (Q4)；

30 其中第一晶体管 (Q1) 的第二端连接到电流放大器单元的输入级和输出级，第二晶体管 (Q4) 的第一端连接到输入级，第一晶体管 (Q1) 的控制端第二晶体管 (Q4) 的控制端和第二晶体管 (Q4) 的第一端，第一和第二晶体管的第二端连接到恒定电压源 (VCC) 和电流放大器单元

的输出级。

5. 根据权利要求3的电流放大器单元，其中所述输出级还包括：

连接到增益级的电流镜，所述电流镜包括：

具有控制端和第一及第二端的第一晶体管 (Q5); 和

具有控制端和第一及第二端的第二晶体管 (Q6);

一个电容元件 (C1);

其中第一晶体管 (Q5) 的控制端连接到第一晶体管 (Q1) 的第二端和电容元件 (C1) 的第一端，电容元件 (C1) 的第二端连接到第一电压值，第一晶体管 (Q5) 的第二端连接到第六晶体管 (Q6) 的第二端，两个晶体管 (Q5和Q6) 的第二端连接到晶体管 (Q3) 的第二端和晶体管 (Q4) 的第二端，第五晶体管 (Q5) 的控制端连接到第六晶体管 (Q6) 的控制端，第五晶体管 (Q5) 的第一端连接到电流源 (I2) 的第一端，电流源 I2 的第二端连接到恒定的电压值，晶体管 (Q6) 的第一端连接到电流源 (I3) 的第一端，电流源 (I3) 的第二端连接到第一电压值，输出 (O2) 从第五晶体管 (Q5) 的第一端和电流源 (I2) 的第一端之间取出，输出 (O1) 从第六晶体管 (Q6) 的第一端和电流源 (I3) 的第一端之间取出。

6. 根据权利要求1的电流放大器单元，其中所述输出级还包括：

连接到增益级的电流镜，所述电流镜包括：

具有控制端和第一及第二端的第一晶体管 (Q5); 和

具有控制端和第一及第二端的第二晶体管 (Q6);

一个电容元件 (C1);

其中第一晶体管 (Q5) 的控制端连接到输入级和电容元件 (C1) 的第一端，电容元件 (C1) 的第二端连接到第一电压值，第一晶体管 (Q5) 的第二端连接到第二晶体管 (Q6) 的第二端，两个晶体管 (Q5和Q6) 的第二端连接到增益级，第一晶体管 (Q5) 的控制端连接到第二晶体管 (Q6) 的控制端，第一晶体管 (Q5) 的第一端连接到电流源 (I2) 的第一端，电流源 I2 的第二端连接到恒定的电压值，晶体管 (Q6) 的第一端连接到电流源 (I3) 的第一端，电流源 (I3) 的第二端连接到第一电压值，输出 (O2) 从第一晶体管 (Q5) 的第一端和电流源 (I2) 的第一端之间取出，输出 (O1) 从第二晶体管 (Q6) 的第一端和电流源 (I3) 的第一端之间取出。

7. 根据权利要求6的电流放大器单元，其中提供到输入级的输入信

号提供将输入级的第一输入端与第一电压值相连和将输入级的第二输入端与一电流源相连而获得，其中第一输出信号（01）的增益根据耦合到第二输出信号（02）的电阻元件决定。

8. 根据权利要求7的电流放大器，其中输入级的第一输入端是第一晶体管的控制端，输入级的第二输入端是第二晶体管的控制端，其中电阻元件包括：

连接到第二晶体管的控制端、电流源和输出级的第一电阻（R1）；
和连接在第二输出信号和第一电压值之间的第二电阻（R2）。

9. 根据权利要求8的电流放大器，其中第二输出信号的增益是实数
10 值。

10. 一种电流放大器单元，包括：

适于接收输入信号的一个输入级；
产生第一输出信号和第二输出信号的一个输出级；其中第二输出信号可以被用作使用该电流放大器的一个应用中的反馈信号；和

15 在输入级和与输入级隔离的输出级之间并和它们耦接的一个增益级，所述增益级构造为一个电流镜结构，具有相等的流过电流镜结构的电流值，以使第一和第二输出信号具有相同的电流值；

连接到电流放大器单元的负端的电流源（I_in）；

20 连接到电流放大器单元的第二输出信号（02）和电流放大器单元的负端之间的第一电阻元件（R1）；和

连接到电流放大器单元的第二输出信号（02）和一电压值之间的第二电阻元件（R2）。

11. 根据权利要求1的电流放大器单元，其中通过在输入级的第一输入端和第二电压值之间施加第一电压获得提供到输入级的输入信号，
25 将输入级的第二输入端连接到输出级的第一输出（01），并通过连接输出级的第一输出（01）到与第三电压值耦接的电阻元件来控制第二输出（02）的增益。

12. 根据权利要求6的电流放大器单元，其中通过在输入级的第一输入端和第二电压值之间施加第一电压获得提供到输入级的输入信号，
30 将输入级的第二输入端连接到输出级的第一输出（01），并通过连接输出级的第一输出（01）到与第三电压值耦接的电阻元件来控制第二输出（02）的增益。

13. 根据权利要求12的电流放大器单元，其中输入级的第一输入端是第一晶体管的控制端，输入级的第二输入端是第二晶体管的控制端，其中电阻元件包括：

连接到第二晶体管的控制端和输出级的第五晶体管的第一端的电阻₅ (R)。

14. 一种电压-电流转换器，包括：

一个电流放大器单元，包括：

适于接收输入信号的一个输入级；

产生第一输出信号和第二输出信号的一个输出级；其中第二输出信号可以被用作使用该电流放大器单元的一个应用中的反馈信号；和₁₀

在输入级和与输入级隔离的输出级之间并和它们耦接的一个增益级，所述增益级构造为一个电流镜结构，具有相等的流过电流镜结构的电流值，以使第一和第二输出信号具有相同的电流值；

施加在电流放大器单元的正端和负端之间的电压值；和

₁₅ 连接到第一输出 (01) 和电压值之间的电阻元件 (R1)。

15. 根据权利要求14的电压-电流转换器，其中第一输出 (01) 连接到负输入端。

10
电流放大器结构

本发明总体涉及模拟集成电路，更具体地涉及包括电压-电流转换
5 和电流放大的电流放大器。

尽管对于电压放大有很多标准电路，电流放大电路是不常见的。在典型的电流放大器中，通过使用电流镜获得放大功能，电流镜中每个晶体管具有不同的发射极面积和发射极电阻。在大的增益值的情况下，精确匹配发射极面积和电阻是很关键的。

10 参考图1，显示了放大电流的经典方式。图1的电流放大器包括电流源 I_1 ，晶体管 Q_1 、 Q_2 ，和电阻元件 R_1 、 R_2 。标为 Q_1 和 Q_2 的晶体管分别具有1个单位和两个单位的不同的发射极面积。在所有其它方面，晶体管 Q_1 和 Q_2 是相同的。由于发射极面积不同， Q_2 的饱和电流输出将是 Q_1 的两倍；
 $IS_2 = 2 \times IS_1$ 。

15 基极和地之间的电压由下式表示：

$$V_b = I_1 \cdot R_1 + V_T \cdot \ln(I_1/IS_1) \quad (1)$$

V_b 也可表示为：

$$V_b = I_2 \cdot R_2 + V_T \cdot \ln(I_2/IS_2) \quad (2)$$

(1) 式和 (2) 式相等，得到：

$$I_1 \cdot R_1 + V_T \cdot \ln(I_1/IS_1) = I_2 \cdot R_2 + V_T \cdot \ln(I_2/IS_2) \quad (3)$$

这里 $R_1 = 2 \times R_2$ ， $IS_2 = 2 \times IS_1$ 。

20 (3) 式的解为 $I_2 = 2 \times I_1$ ，因此输出电流是输入电流的2倍。该输出增益通过选择电阻元件 R_1 和 R_2 以及发射极面积的差别而决定。

该电路具有几个缺点。对于大的电流增益值，电阻元件 R_1 和 R_2 与晶体管 Q_1 和 Q_2 的发射极部分必须匹配得非常精确，这一点参照图3可知。

25 该电路的另一个缺点是可以获得的增益值限于电阻和发射极面积的相对值。该增益值限于整数值。

一种结构简单的电路可以解决上述现有技术电流放大器的缺点，它接收电流源或电压源作为输入，产生一致的电流作为输出。而且在需要电流放大或电压-电流转换的各种应用中，这种电路可以有利地被用作30 标准电流放大器单元。

本发明的一个目的是提供一种结构简单的电流放大器电路结构，使

其适于用作标准电流放大器单元。

本发明的另一个目的是这种电流放大器电路结构可以接受输入电流源或输入电压源。

本发明的再一个目的是这种电流放大器电路结构易于与各种应用配合，
5 例如要求电流放大和精确可控增益特征的应用以及需要电压-电流转换的应用。

因此，根据本发明的结构，使用了一个简单的集成电路来放大输入信号。该集成电路包括一个放大器单元，它在很多电路构造中可以作为
10 构件块，包括可变增益电流放大器和AC或DC电压-电流转换器。基本的放大器单元包括几个功能元件，包括输入级、电流镜级和输出级。输入级和电流镜级允许输入信号被复制而与输入信号隔离。该复制的信号用作输出级的输入。输出级使用电流镜以在相应的输出端产生两个相同的输出电流，一个用于反馈或其它目的。通过审慎地使用与这些输出端耦合的一个或多个电阻元件，这些输出电流可以用于产生电流放大或电压
15 - 电流转换。

通过使用决定放大器的输出增益的电阻元件，获得了电流放大。增益可以是实数值，且可以通过适当选择电阻元件而精确地确定。在例示的实施例中，第一电阻元件放在第一输出电流和反相输入端之间的反馈连接中。第二电阻元件耦合在第一输出端和地之间。这些电阻元件的值
20 决定了在最后级的输出处的电流放大量。

AC或DC电压-电流转换可以使用简单的电流放大单元完成，通过使用电压差分对作为单元的输入。使用电阻元件决定输出电流。在本发明的例示的实施例中，通过在输入级的两个端子之间提供电压信号，获得电压-电流转换。该输入电压信号通过电流镜的作用在输入处产生到输出级的相同的电压。通过输出级中的电流镜的作用，在两个输出端产生相同的电流。将一个电阻元件放在第一输出端和地之间的节点处，发现第二端子的输出电流正比于输入电压。该电阻元件决定了输出电流的值。

该电路可以提供或收集电流，因此可以提供AC或DC电压-电流转换。
30

在权利要求中列出了本发明的新颖的特征。通过参考下面的详细描述并结合附图可以最佳地理解本发明和优选的使用方式及其进一步的目

的和优点。其中：

图1是根据已有技术的电流放大器的例子。

图1A是根据现有技术的电压-电流转换的例子。

图2是根据本发明的电流放大器单元的电路结构。

5 图3是根据本发明的具有两个输入端和两个输出端的电流放大器单

元。

图4是根据本发明的含有可执行可变增益电流放大的电流放大器单元的应用的方框图。

图5是根据本发明的执行电流放大的应用的电路结构。

10 图6是根据本发明的包含执行电压-电流转换的电流放大器单元的应用的方框图。

图7是根据本发明的执行电压-电流转换的应用的电路结构。

在施加单端或双端输入信号时，本发明的电流放大器单元产生相同的输出电流。参考图2，显示了根据本发明的产生相同的输出电流的电流放大器单元10。电流放大器单元10包括以下元件：n-p-n晶体管Q1、Q2、Q3、Q4、Q5和Q6，电容元件C1，和电流源I1、I2、I3。恒定的电流I1连接到晶体管Q1和Q2的发射极。电流I1的其它端子连接到恒定的电压VSS。晶体管Q1和Q2连接到如图所示的差分对输入级。晶体管Q1的基极连接到正输入端，晶体管Q2的基极连接到负输入端。Q1的集电极连接到Q3-Q4电流镜中Q3的集电极。Q2的集电极连接到Q3-Q4电流镜中Q4的集电极。晶体管Q3的基极连接到晶体管Q4的基极，晶体管Q4的基极连接到晶体管Q4的集电极。Q3的发射极连接Q4的发射极，如图所示。晶体管Q4的发射极连接输出级中晶体管Q5和Q6的发射极。晶体管Q3的集电极连接晶体管Q5的基极和晶体管Q6的基极。此外，晶体管Q3的集电极连接电容元件C1。电容元件C1接地。电流源I2的输出连接到晶体管Q5的集电极。电流源I3的输出连接到晶体管Q6的集电极。两个电流源I2和I3都连接到恒定电压VSS。两个电阻元件R1和R2连接到晶体管Q5的集电极。电阻元件R2接地，电阻元件R1以反馈连接与晶体管Q2的基极相连。

30 因为晶体管Q5的集电极的电流输出与晶体管Q5的集电极电流输出相同，该电流放大器系统正确地工作。输入电流I_in连接到晶体管Q2的基极。由于两个电阻元件R1和R2都接地，R1和R2两端的电压相同。由于晶体管Q1的基极接地，输入电流I_in全部流过电阻元件R1。而且，

13
 $I_{R1}=I_{in}$. 因此, $I_{in} \times R1 = I_{R2} \times R2$, 因此, $I_{R2} = I_{in} \times R1/R2$.

输出电流为: $I_{O1}=I_{R1}+I_{R2}*(1+R1/R2)$.

注意除了电阻R1和R2, 电阻元件可以包括晶体管、运算放大器等, 或其它元件, 或提供期望的电阻特征的元件的组合。

5 因为O1和O2相等, 得到了该输出电流结果. 这是由于输出级的作用. 通过差分对Q1 - Q2的作用, 在Q3和Q4的集电极出现了相同的输出电流. Q3 - Q4电流镜用于隔离输入信号中的变化和对输出级产生稳定的信号. 晶体管Q5和Q6的发射极连接到恒定的电压VCC, 晶体管Q5和Q6的基极接收相同的输入电压.

10 因此, 通过使用相同的电流源I2和I3, 输出O1和O2接收相同的电流.

参考图6, 显示了使用电流放大器单元10的电压 - 电流转换应用. 如上所述, 电压Vi施加在电流放大器10的正和负输入端之间. 电流放大器10的输出O2连接到电阻元件R, 且连接到电流放大器单元10的负输入端. 电阻元件R的另一个端子接地. 由于电流放大器单元10的作用, O1的输出电流是Vi/R. 因此输出电流值由输入电压Vi和电阻元件R控制.

15 在典型的电压 - 电流转换器中, 通过使用电流镜和反馈获得转换. 参考图1A, 显示了执行电压 - 电流转换的经典技术. 图1A的电压 - 电流转换器包括输入电压Vi、运算放大器OA、晶体管Q1和Q2和电阻元件R1. 电压Vi连接到运算放大器的正和负输入端, 而运算放大器输出连接到晶体管Q1的控制端. 晶体管Q1的第一端连接到运算放大器OA的负输入端和电阻元件R1. 电阻元件R1的另一个端子连接到地. 晶体管Q1的第二端连接晶体管Q2的第一端. 输出电流从晶体管Q3的第一端取出而晶体管Q2和晶体管Q3的第二端连接到恒定的电压VCC. 晶体管Q2和Q3的控制端连接, 晶体管Q2的控制端也连接到晶体管Q2的第一端.

20 25 电阻R1的电流是 $IR1 = Vi/R1$. 由于Q2 - Q3电流镜的作用, 该电流等于 $I0$. 因此 $I0 = IR1 = Vi/R1$. 该结构只在DC输入信号工作. 如果输入是AC的, 则该电路不能提供电流.

参考图7, 显示了根据本发明执行AC和DC等于 - 电流转换的电路. 该电路包括n-p-n/p-n-p晶体管Q1、Q2、Q3、Q4、Q5和Q6, 电容元件C1, 电流源I1、I2、I3. 恒定的电流I1连接到晶体管Q1和Q2的发射极. 电流I1的其它端子连接到恒定的电压VSS. 晶体管Q1和Q2连接到如图所示的差分对输入. 晶体管Q1的基极连接到输入电压Vi, 其接地. 晶体管Q2的

基极连接电阻元件R，其接地。晶体管Q2的基极也连接到晶体管Q5的集电极和电流源I2的输出。Q1的集电极连接到Q3 - Q4电流镜中Q3的集电极。Q2的集电极连接到Q3 - Q4电流镜中Q4的集电极。晶体管Q3的基极连接到晶体管Q4的基极，晶体管Q4的基极连接到晶体管Q4的集电极。Q3的发射极连接Q4的发射极，如图所示。晶体管Q4的发射极连接输出级中晶体管Q5和Q6的发射极。晶体管Q3的集电极连接晶体管Q5的基极和晶体管Q6的基极。此外，晶体管Q3的集电极连接电容元件C1。电容元件C1接地。电流源I2的输出连接到晶体管Q5的集电极。电流源I3的输出连接到晶体管Q6的集电极。两个电流源I2和I3都连接到恒定电压VSS。

该电路产生正比于输入电压的输出电流。恒定的比例是电阻元件R的值。晶体管Q5和差分对Q1 - Q2的负输入端之间的反馈连接使得晶体管Q2的基极处的电压与输入电压Vi相同。因此电阻元件R的电流是 Vi/R 。晶体管Q5的集电极的电流输出与晶体管Q6的集电极的电流输出相同。而且，输出电流I_01也是 Vi/R 。注意除了电阻R，电阻元件R可以包括晶体管、运算放大器等，或其它元件，或提供期望的电阻特征的元件的组合。

尽管参考优选实施例以详细描述和介绍了本发明，本领域技术人员可以知道可以在形式和细节上作一些变化而不会背离本发明的精神和范围。例如，本领域技术人员知道可以用p-n-p晶体管替换上述的n-p-n晶体管，只要作很小的改动，不会背离本发明的精神和范围。

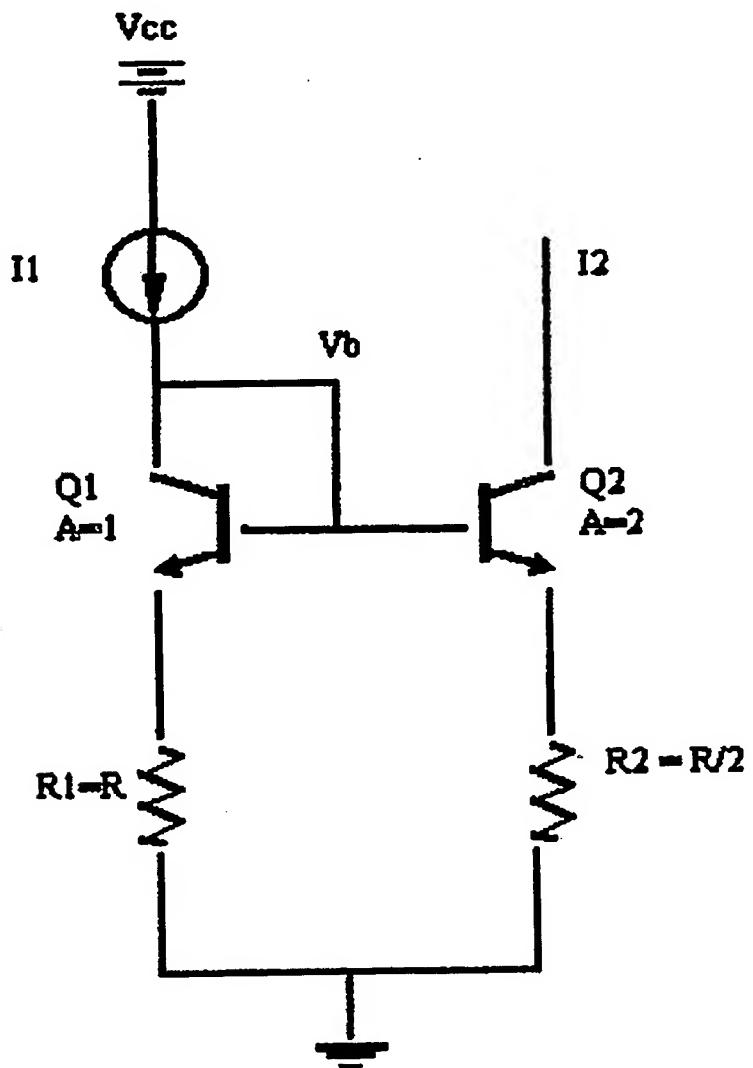


图 1

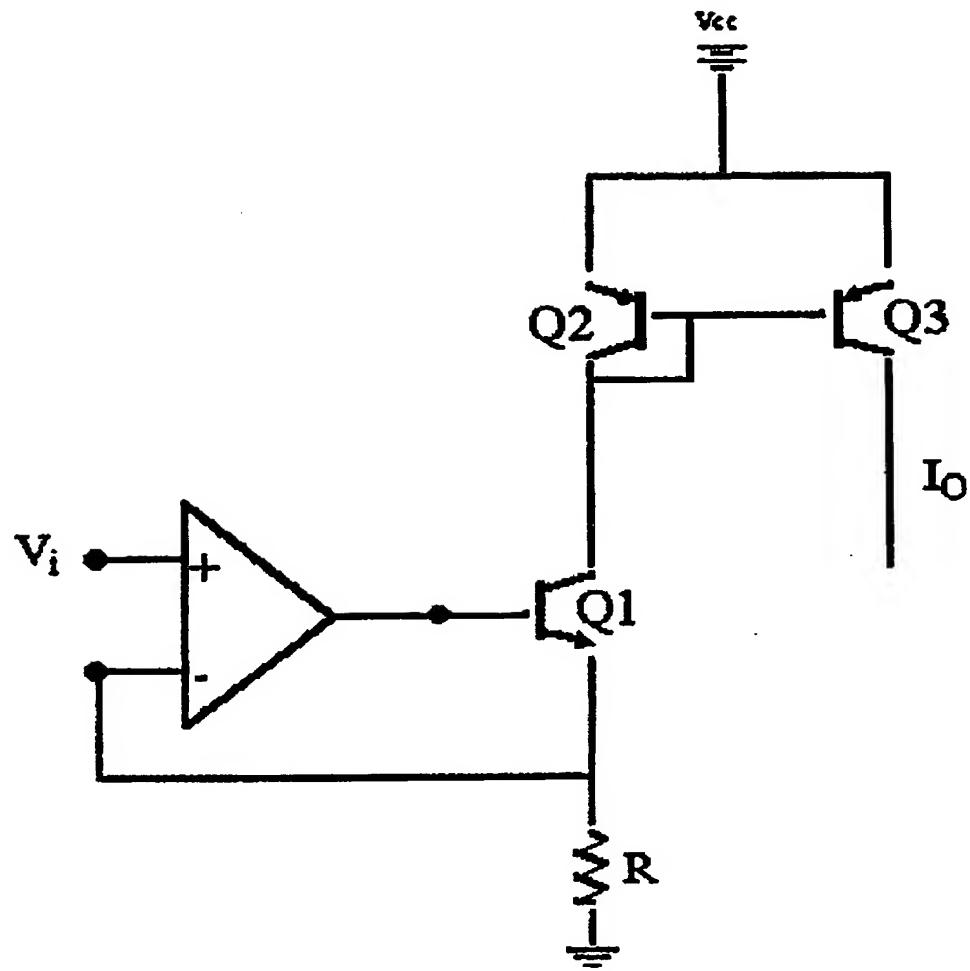


图 1A

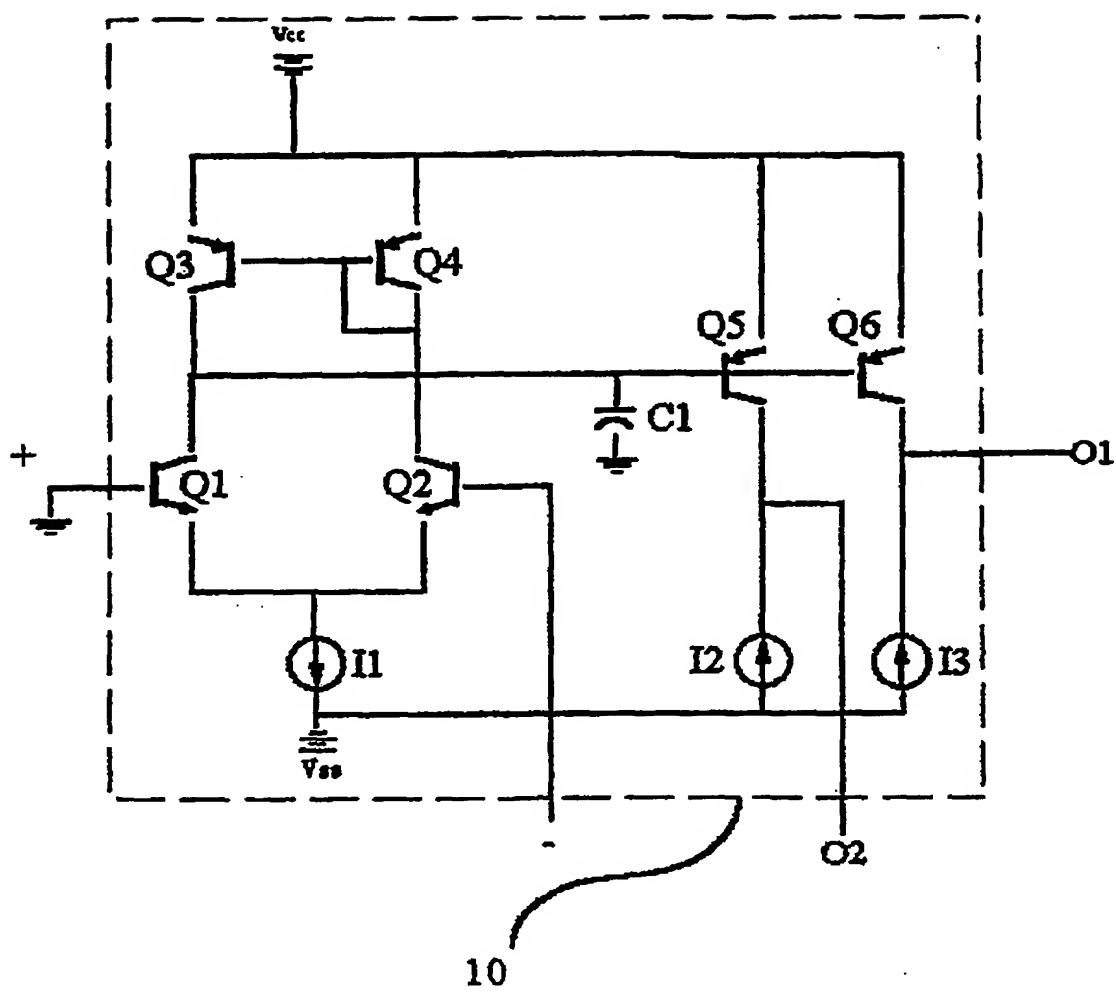


图 2

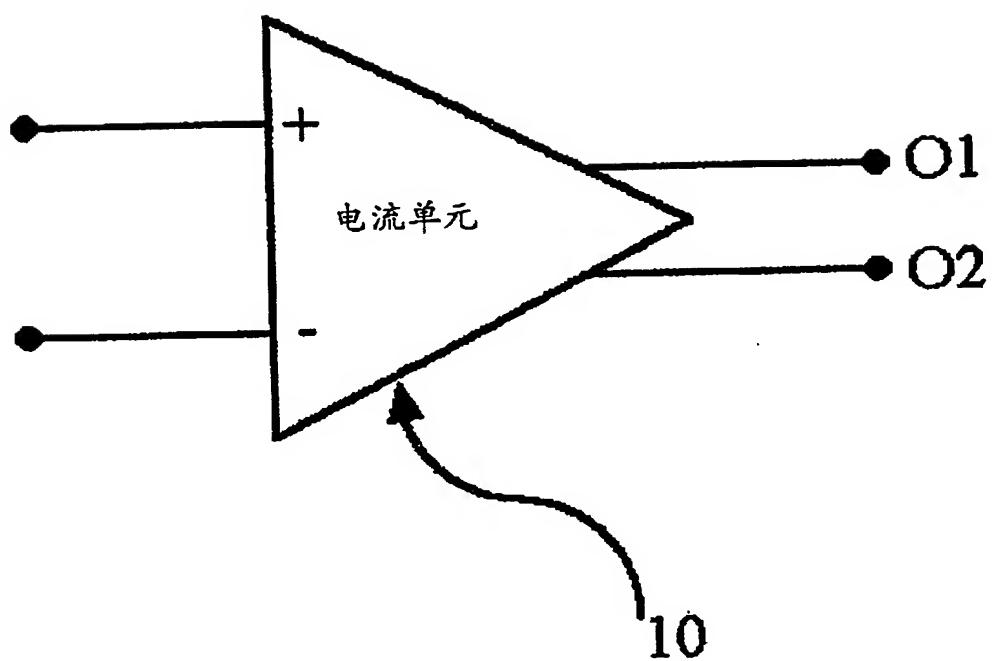


图 3

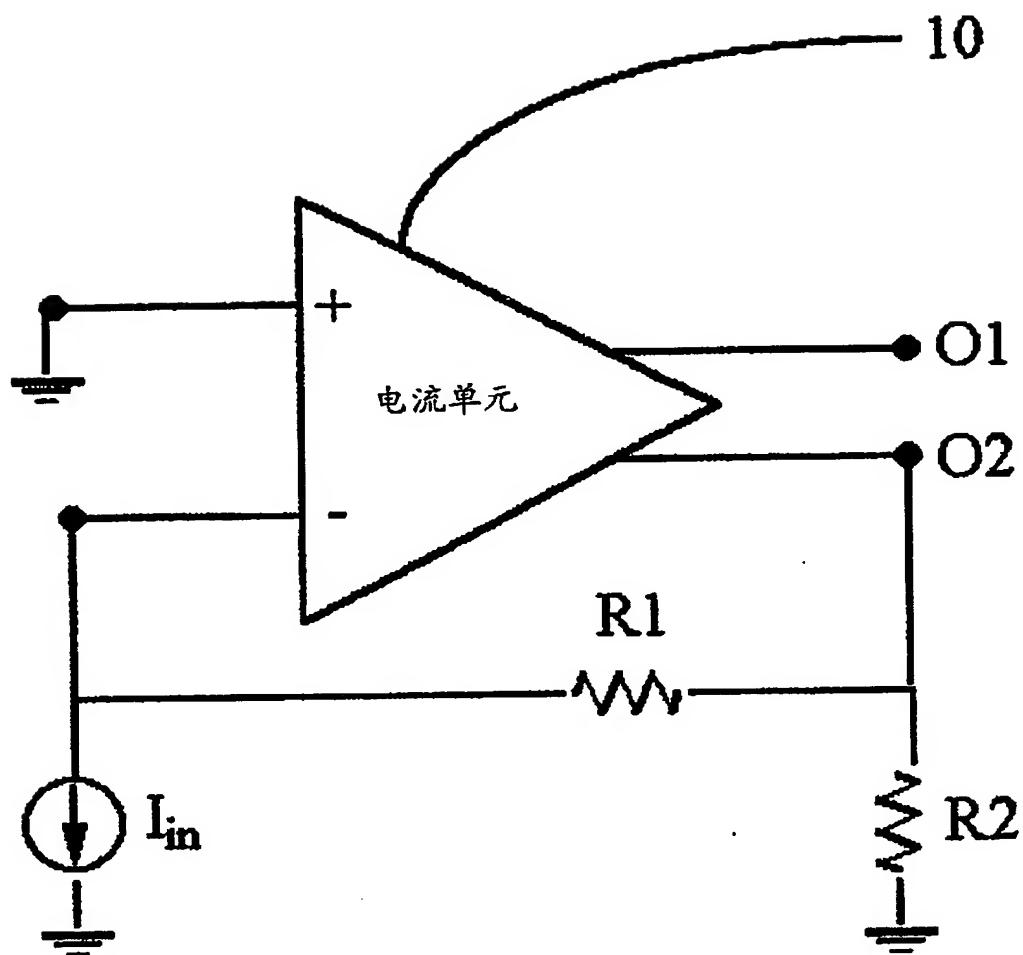


图 4

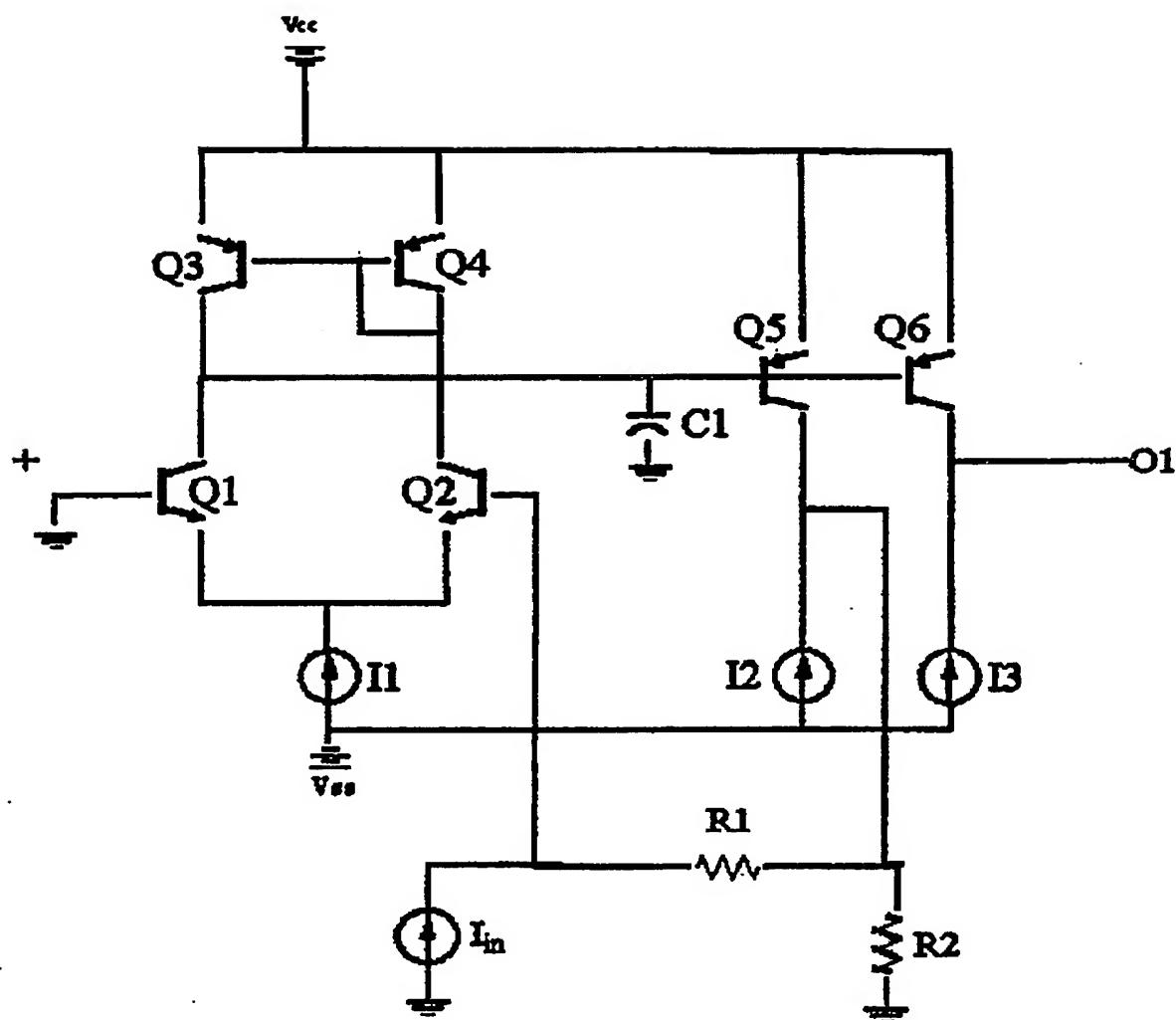


图 5

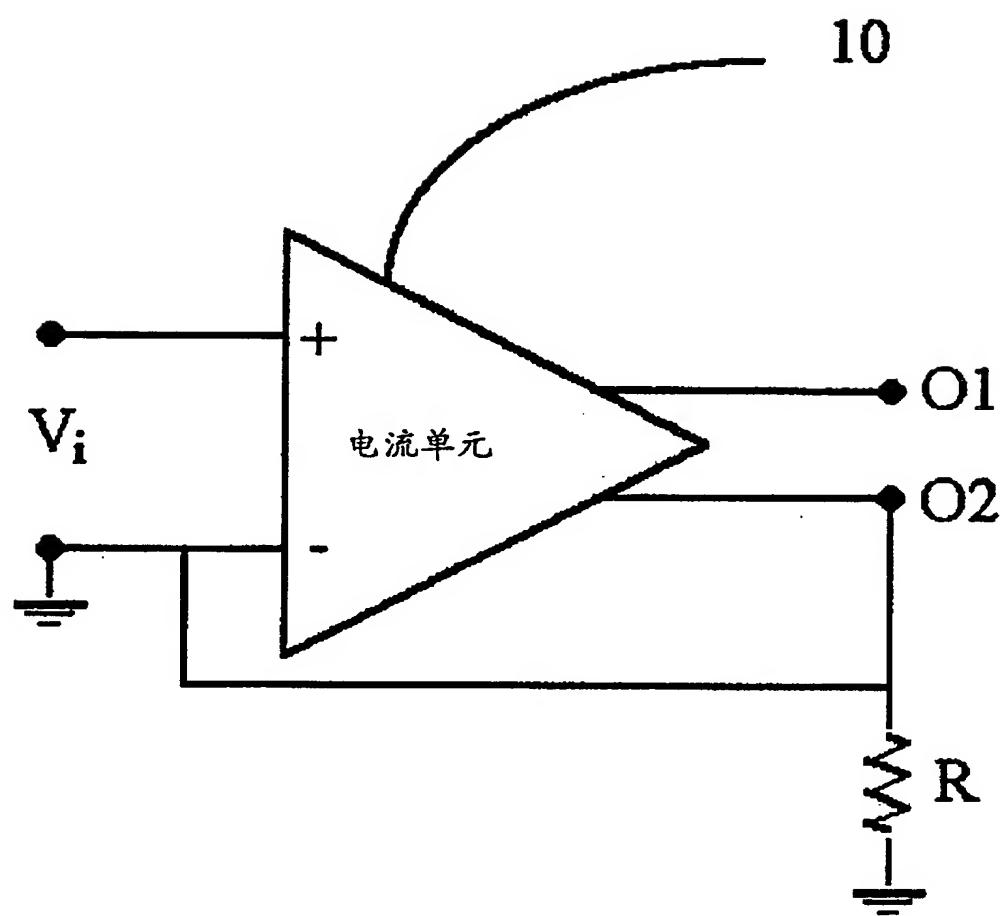


图 6

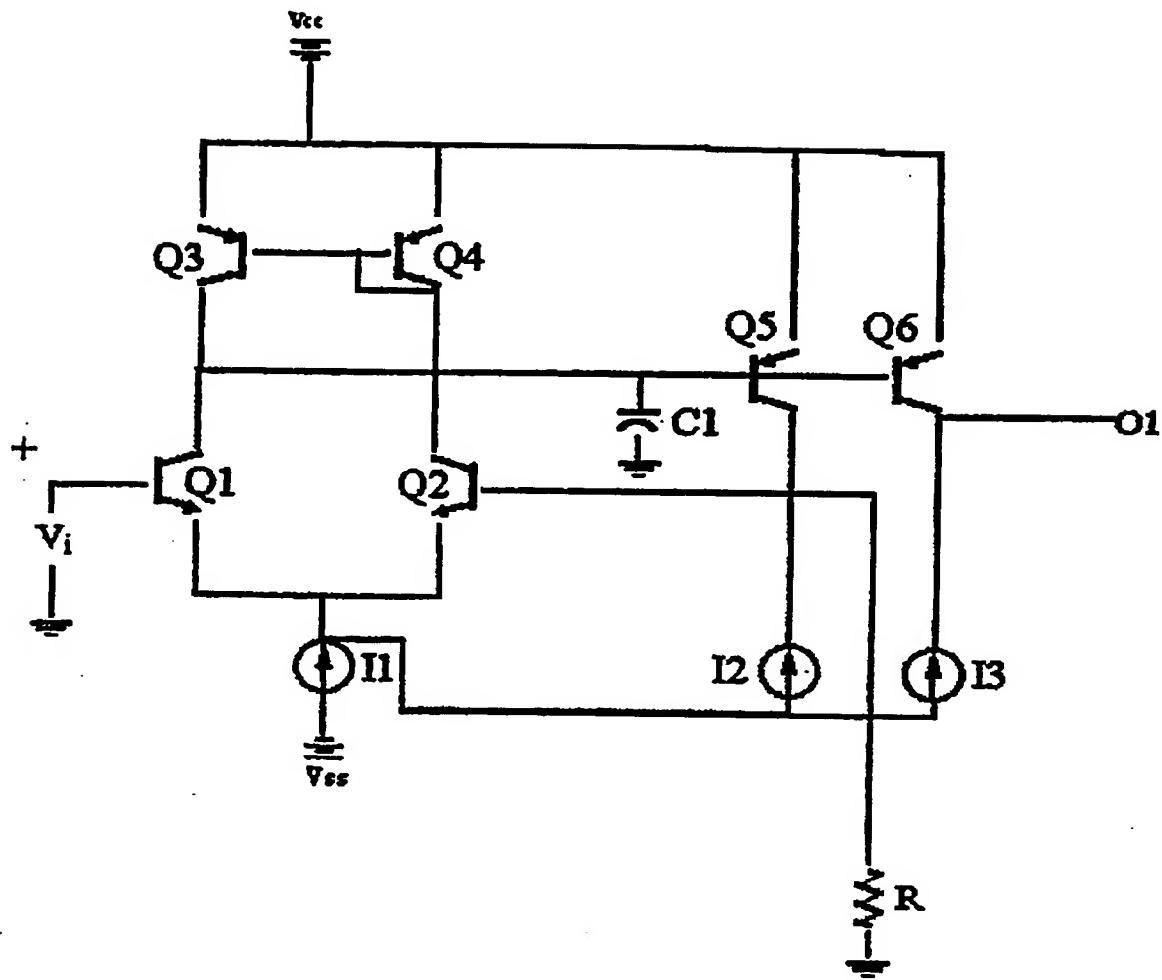


图 7